



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 331.464

Дата поступления: 28.02.2022
рецензирования: 04.04.2022
принятия: 27.05.2022

**Разработка математической модели производственного травматизма
нефтегазовой отрасли Российской Федерации**

Е.П. Ростова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация

E-mail: el_rostova@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

А.А. Зиновьева

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация

E-mail: lyonchik2411@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8759-7361>

Аннотация: Промышленные предприятия являются важным звеном экономической системы государства: суммарная доля обрабатывающих производств и добычи полезных ископаемых в структуре ВВП 2020 года составила более 20 %. Однако опасные производственные объекты, эксплуатируемые предприятиями, а также сам производственный процесс являются источником повышенной опасности для жизни и здоровья работников организаций. Снизить ущерб от несчастных случаев на производстве позволяют превентивные мероприятия, направленные на снижение травматизма и предупреждение аварийных ситуаций. Разработка плана предупредительных мероприятий основывается на выявлении наиболее значимых факторов риска, их исследовании и определении характера влияния на показатели травматизма. Нефтегазовая отрасль является одной из важнейших отраслей Российской Федерации и мировой экономики в целом. Предприятия данного сектора экономики эксплуатируют опасные производственные объекты, что ведет к различным случаям производственного травматизма, негативно отражающимся на деятельности предприятий. Как и для всех отраслей экономики, для нефтегазового сектора актуальна проблема уменьшения числа несчастных случаев с целью снижения экономического ущерба. Статья посвящена анализу причин травматизма в нефтегазовой отрасли Российской Федерации и разработке математической модели оценки ущерба от несчастных случаев, повлекших полную или частичную нетрудоспособность работников. Практическая значимость исследования заключается в выявлении наиболее вероятных причин травматизма в рассматриваемой отрасли с целью воздействия на них для снижения количества несчастных случаев. Проведенный анализ чувствительности модели также позволил определить факторы, оказывающие наибольшее влияние на итоговый показатель травматизма. Статистическая база исследования охватывает данные за период 2012–2020 годов по предприятиям всего нефтегазового сектора Российской Федерации. Выявлено, что на количество несчастных случаев оказывают наибольшее влияние такие факторы, как термическое воздействие, падение с высоты, токсичные вещества, недостаток кислорода и взрыв. Возрастающий ущерб от производственного травматизма указывает на необходимость изучения проблемы управления указанными рисками и подтверждает актуальность данного исследования.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль; нефтегазовый сектор; риск; вероятность; производственный травматизм; несчастные случаи; производственная безопасность; факторы травматизма; математическое моделирование; статистические данные.

Цитирование. Ростова Е.П., Зиновьева А.А. Разработка математической модели производственного травматизма нефтегазовой отрасли Российской Федерации // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т. 13, № 2. С. 172–181. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-2-172-181>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Ростова Е.П., Зиновьева А.А., 2022

Елена Павловна Ростова – доктор экономических наук, доцент кафедры математических методов в экономике, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Алена Андреевна Зиновьева – магистрант, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

SCIENTIFIC ARTICLE

Submitted: 28.02.2022

Revised: 04.04.2022

Accepted: 27.05.2022

Development of a mathematical model of industrial injuries in the oil and gas industry of the Russian Federation

E.P. Rostova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

E-mail: el_rostova@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

A.A. Zinoieva

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

E-mail: lyonchik2411@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8759-7361>

Abstract: Industrial enterprises are an important link in the economic system of the state: the total share of manufacturing and mining in the structure of GDP in 2020 amounted to more than 20 %. However, hazardous production facilities operated by enterprises, as well as the production process itself, are a source of increased danger to the life and health of employees of organizations. To reduce the damage from accidents at work, preventive measures aimed at reducing injuries and preventing accidents can be taken. The development of a plan of preventive measures is based on the identification of the most significant risk factors, their study and determination of the nature of the impact on injury rates. The oil and gas industry is one of the most important sectors of the Russian Federation and the global economy as a whole. Enterprises in this sector of the economy operate hazardous production facilities, which leads to various cases of industrial injuries that negatively affect the activities of enterprises. As with all sectors of the economy, the oil and gas sector is faced with the problem of reducing the number of accidents in order to reduce economic damage. The article is devoted to the analysis of the causes of injuries in the oil and gas industry of the Russian Federation and the development of a mathematical model for assessing damage from accidents that resulted in complete or partial disability of workers. The practical significance of the study lies in identifying the most likely causes of injuries in the industry in question in order to influence them to reduce the number of accidents. The sensitivity analysis of the model also made it possible to determine the factors that have the greatest impact on the final injury rate. The statistical base of the study covers data for the period of 2012–2020 for enterprises of the entire oil and gas sector of the Russian Federation. It was found that the number of accidents is most influenced by such factors as thermal effects, falls from a height, toxic substances, lack of oxygen and explosion. The increasing damage from industrial injuries indicates the need to study the problem of managing these risks and confirms the relevance of this study.

Key words: oil and gas industry; oil and gas sector; risk; probability; industrial injuries; accidents; industrial safety; injury factors; mathematical modeling; statistical data.

Citation. Rostova E.P., Zinoieva A.A. Development of a mathematical model of industrial injuries in the oil and gas industry of the Russian federation. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2022, vol. 13, no. 2, pp. 172–181. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-2-172-181>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

© Ростова Е.П., Зиновьева А.А., 2022

Elena P. Rostova – Doctor of Economics, associate professor of the Department of Mathematical Methods in Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Alena A. Zinoieva – Master’s degree student, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Производственный травматизм связан с аварийностью на промышленных предприятиях, поэтому изучение проблемы снижения травматизма основывается также на исследовании анализа и управления промышленными рисками в целом. Исследованию проблемы управления рисками посвящены работы отечественных и зарубежных ученых, отражающие различные подходы и методологии.

Одним из распространенных методов является использование в анализе различных диаграмм, которые позволяют визуализировать набор данных [1–4]. В качестве примера приведена диаграмма Исикавы, с помощью которой можно провести анализ системных причин появления рисков ситуаций, в том числе случаев травматизма, аварий и инцидентов. Такие диаграммы отличаются простотой в применении и используются в различных сферах деятельности. Данный инструмент широко применяется для анализа рисков нефтегазового рынка [5].

Системный подход позволяет определить основные компоненты системы управления рисками, обнаружить «узкие места», определить порядок действий и методы реагирования на рискованные ситуации, что отражено в работах [6–9], посвященных применению данного подхода для анализа риска нефтегазовой отрасли. Авторы в исследованиях [10; 11] применяют метод причинно-следственных связей. В работах выявляются причины аварий, акцентируется внимание на определенных факторах несчастных случаев, которые следует учесть в будущем; определяется примерный ущерб.

Зарубежными авторами [12] рассмотрены риски травм у работников нефтегазовой отрасли, проведен обзор способов снижения числа несчастных случаев данного типа. Американскими исследователями [13] выявлены основные факторы ухудшения здоровья сотрудников нефтегазовых компаний: физическое воздействие (ДТП, падения, пожары и взрывы), химическое воздействие (накопление в организме вредных веществ). Авторы [14] предлагают инструмент, определяющий экономически эффективные мероприятия для снижения негативных последствий после инцидентов на нефтегазовом предприятии с определением причин аварий, ее участников, сроков решения проблемы.

Производственный травматизм исследуется отечественными авторами с точки зрения анализа статистических данных. Испанбетов Т.К. при анализе случаев производственного травматизма использует такие расчетные показатели, как коэффициент частоты травматизма (число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих); коэффициент тяжести травматизма (число дней нетрудоспособности на одну травму); коэффициент общего травматизма (число дней нетрудоспособности на 1000 работающих); коэффициент, определяющий процент несчастных случаев с выходом на инвалидность и со смертельным исходом; количество пострадавших на 1000 работающих [15]. На основе полученных показателей автор делает выводы о динамике травматизма и его параметров. Зарубежные авторы [16] проанализировали ретроспективные данные по травматизму нефтегазового сектора Канады и выявили характерные особенности, отражающие специфику данной отрасли. Авторы исследования [17] также опирались на статистические данные, результатом работы стали выводы о взаимосвязи уровня травматизма и временных параметров трудовой деятельности работников.

При анализе рисков распространено применение математического инструментария, позволяющего определить числовые характеристики рисков событий. Среди наиболее часто встречающихся инструментов математического моделирования при исследовании промышленного риска можно назвать методы корреляционно-регрессионного анализа, эконометрики и имитационного моделирования [18], [19–21]. Например, в работе [22] риск травматизма рассматривается с помощью аддитивной модели, включающей риск аварийности, риск из-за выполнения работ повышенной опасности; риск из-за неблагоприятных условий труда; риск из-за отсутствия или несоответствия средств индивидуальной защиты. Также существуют модели оценки профессиональной пригодности сотрудников нефтегазового сектора как риск-фактора травматизма. Среди аргументов данной модели показатели распределения и переключения внимания, концентрации и устойчивости внимания, эмоциональной устойчивости, ответственности и др.

Несмотря на значительную степень изученности темы производственного травматизма, разработка модели оценки ущерба от полной или частичной нетрудоспособности работников нефтегазового сектора является актуальной проблемой, поскольку разработана на основе данных за 2012–2020 гг. и отражает специфику данной отрасли.

Исследование статистических данных травматизма нефтегазового сектора в РФ [23] показало увеличение числа пострадавших сотрудников за период 2016–2019 годов (рисунок 1).

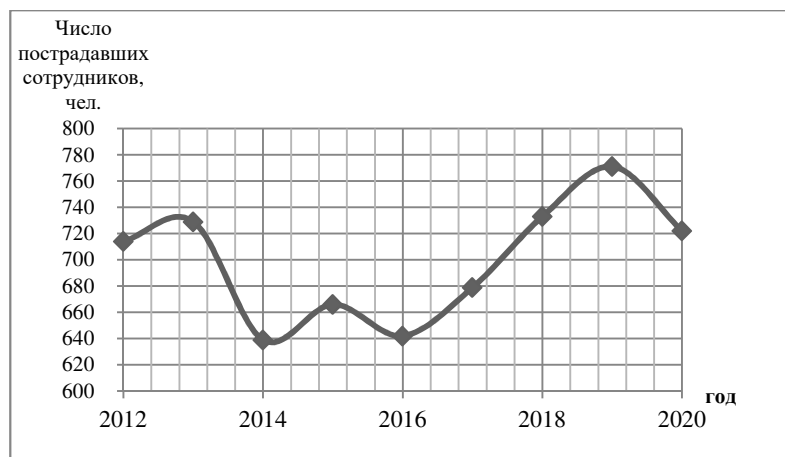


Рисунок 1 – Число пострадавших сотрудников, чел.
Figure 1 – Number of injured employees, people.

Колебания числа пострадавших за исследуемый период могут быть обусловлены различными факторами: изменениями в технологии производства, превентивными мероприятиями, уровнем квалификации персонала и т. д. Выявление риск-факторов и их анализ позволят сформировать модель зависимости травматизма работников нефтегазового сектора от различных негативных влияний, характерных для данной отрасли.

Ход исследования

Проведем анализ факторов смертельного травматизма на предприятиях нефтегазового комплекса [24]. Основными факторами являются термическое воздействие, разрушенные технические устройства, падение с высоты.

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

- X_1 – термическое воздействие;
- X_2 – падение с высоты;
- X_3 – токсичные вещества;
- X_4 – недостаток кислорода;
- X_5 – взрыв;
- X_6 – разрушенные технические устройства;
- X_7 – нарушение технологии работ;
- X_8 – поражение электрическим током;
- X_9 – отравление.

Отметим, что результирующий показатель Y (всего смертельных случаев) включает в себя кроме вышеперечисленных факторов смерть сотрудника по прочим причинам, которые в работе не рассматриваются.

Рассмотрим аддитивную модель травматизма в виде линейной комбинации риск-факторов:

$$Y = K + \sum_{i=1}^n a_i X_i, \quad (1)$$

где K – свободный член, a_i – коэффициенты модели, X_i – факторы модели, $i=1..9$. Исследуем переменные X_i , используя для этого статистические данные за 2012–2020 годы по всем предприятиям нефтегазового сектора РФ.

Таблица 1 – Статистическая информация по факторам смертельного травматизма (количество случаев)

Table 1 – Statistical information on factors of fatal injuries (number of cases)

Период	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	Y
2012	5	7	4	9	12	2	0	1	3	48
2013	2	2	0	0	1	6	1	0	2	14
2014	14	0	0	0	4	3	0	0	3	24
2015	5	9	2	0	2	4	0	0	1	19
2016	13	3	0	0	1	1	0	0	0	27
2017	15	1	0	0	1	5	0	0	1	23
2018	6	0	2	1	1	5	0	0	1	16
2019	5	2	1	3	0	10	2	0	0	23
2020	4	1	2	1	0	3	0	0	5	16

Определим вероятность реализации факторов смертельного травматизма с целью выявления наиболее и наименее вероятных причин смерти на производстве (таблица 2):

Таблица 2 – Таблица вероятностей реализации случаев травматизма по факторам

Table 2 – Table of probabilities of injury cases by factors

Период	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
2012	10 %	15 %	8 %	19 %	25 %	4 %	0 %	2 %	6 %
2013	14 %	14 %	0 %	0 %	7 %	43 %	7 %	0 %	14 %
2014	58 %	0 %	0 %	0 %	17 %	13 %	0 %	0 %	13 %
2015	26 %	47 %	11 %	0 %	11 %	21 %	0 %	0 %	5 %
2016	48 %	11 %	0 %	0 %	4 %	4 %	0 %	0 %	0 %
2017	65 %	4 %	0 %	0 %	4 %	22 %	0 %	0 %	4 %
2018	38 %	0 %	13 %	6 %	6 %	31 %	0 %	0 %	6 %
2019	22 %	9 %	4 %	13 %	0 %	43 %	9 %	0 %	0 %
2020	25 %	6 %	13 %	6 %	0 %	19 %	0 %	0 %	31 %
Среднее	34 %	12 %	5 %	5 %	8 %	22 %	2 %	0 %	9 %

Наиболее вероятны случаи смертельного травматизма из-за факторов: падение с высоты, токсичные вещества, взрыв, разрушенные технические устройства.

Проведем проверку зависимости Y от факторов X_i , рассчитав для этого коэффициент парной корреляции (таблица 3).

Таблица 3 – Значения парной корреляции

Table 3 – Pair correlation values

Переменная	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
r_{YX_i}	0,15	0,46	0,53	0,85	0,90	-0,38	-0,17	0,90	0,06

X_6 , X_7 и X_9 в модели использоваться не будут, поскольку коэффициент парной корреляции для них отрицательный/близок к нулю, X_8 не используется, так как травматизм из-за данного фактора является маловероятной ситуацией (таблица 2). Проведем проверку переменных X_1, \dots, X_5 на мультиколлинеарность (таблица 4).

Таблица 4 – Значения парной корреляции r_{YX_i}

Table 4 – Pair correlation values r_{YX_i}

Пары	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	1,00	-	-	-	-
X_2	-0,32	1,00	-	-	-
X_3	-0,54	0,55	1,00	-	-
X_4	-0,32	0,42	0,78	1,00	-
X_5	-0,05	0,49	0,64	0,83	1,00

Высокая коррелированность наблюдается между парами X_3 и X_4 , X_4 и X_5 . Так как X_4 и X_5 имеют более высокий коэффициент парной корреляции с Y , по сравнению с X_3 , то в модели остаются X_1 , X_2 , X_4 , X_5 . С помощью табличного процессора Excel построим модель травматизма нефтегазовой отрасли:

$$Y = 8,65 + 0,99X_1 + 0,66X_2 + 2,71X_4 + 0,44X_5. \quad (2)$$

Для проверки качества модели используем коэффициент детерминации и критерий Фишера. Значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,98$, что указывает на ее высокую точность. Расчетный критерий Фишера равен $F = 47,58$. Табличный критерий при уровне значимости $\alpha = 0,05$ равен 6,39. Так как $F_{факт} > F_{кр}$, то модель является статистически надежной.

Проведем анализ чувствительности модели расчета числа случаев смертельного травматизма на изменения входящих в нее факторов:

$$\text{Чувствительность} = \frac{(Z' - Z)Y}{Z(Y' - Y)} 100\%, \quad (3)$$

где Y – первоначальное значение параметра, Y' – новое значение параметра, Z – первоначальное значение числа смертельных случаев, Z' – новое значение числа смертельных случаев. Составим таблицу чувствительности (таблица 5).

Таблица 5 – Чувствительность модели к изменению отдельных факторов

Table 5 – Sensitivity of the model to changes in individual factors

Переменная	Чувствительность, %
X_1	61
X_2	21
X_4	19
X_5	36

Модель наиболее чувствительна к изменениям параметра X_1 , что говорит о целесообразности воздействия превентивными мероприятиями на данный фактор с целью наиболее эффективного снижения травматизма. Фактор X_1 имел наибольшую вероятность реализации (таблица 2), что также подтверждает результат анализа чувствительности разработанной модели.

Среди мероприятий, воздействующих на данный фактор травматизма, можно привести в качестве примеров курсы повышения квалификации, проверки знаний правил техники безопасности, повышенные требования к средствам индивидуальной защиты работников, потенциально подверженных данному риску. Превентивные мероприятия осуществляются на производстве согласно нормативным документам РФ, отраслевым нормативам и регламенту предприятия. Однако эффективность данных мероприятий различна и зависит от затрат и от снижения травматизма в результате проведенных мероприятий.

Оценка экономической эффективности мер по снижению риска является важной составляющей в процессе управления рисками в любой сфере деятельности. Однако, именно промышленные предприятия имеют наиболее широкие возможности по влиянию на риск-факторы по сравнению с организациями финансового сектора, поскольку сталкиваются в большей степени с внутренними причинами возникновения рискованных ситуаций. Деятельность финансовых организаций в основном связана с влиянием внешних факторов: конъюнктуры рынка, ключевой ставки ЦБ РФ, спроса на предлагаемые продукты и услуги и т. д. Аграрные фирмы зависят от погодных условий, от цен на производственную продукцию, что отражает влияние внешних факторов. Промышленные предприятия сталкиваются с производственными рисками, на которые можно воздействовать путем проведения предупредительных мероприятий. Выбор данных мероприятий обусловлен их эффективностью, затратами на их проведение и результатом, отражающим снижение травматизма.

Полученные результаты и выводы

1. В работе проведен статистический анализ травматизма нефтегазового сектора, выявлена проблема необходимости снижения случаев травматизма и аварийности.
2. Выявлены наиболее вероятные риск-факторы для данной отрасли.
3. Разработана математическая модель, описывающая взаимосвязь между факторами и числом случаев производственного травматизма.
4. Проведен анализ чувствительности модели, выявлен риск-фактор, оказывающий наибольшее влияние на количество случаев производственного травматизма.

Предложенная модель основывается на ретроспективных данных за 2012–2020 гг. и отражает тенденции этих лет. Для более точного исследования в будущих периодах требуется проверка модели и ее уточнение. Выявление риск-фактора, оказывающего наибольшее влияние на показатель травматизма, имеет важное значение при проведении предупредительных мероприятий, поскольку позволяет воздействовать на наиболее вероятную причину несчастных случаев.

Разработанная модель может применяться предприятиями нефтегазового сектора РФ для анализа травматизма и при разработке плана предупредительных мероприятий, а также страховыми компаниями при андеррайтинге промышленных рисков нефтегазовых компаний.

Библиографический список

1. Якимова Д.В. Анализ производственного травматизма в нефтегазовой организации // Техносферная безопасность: материалы Седьмой Национальной научно-технической конференции. Омск, 2020. С. 95–98. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44107897>. EDN: <https://www.elibrary.ru/iifscg>.
2. Газя Г.В. Анализ производственного травматизма в организациях города Сургута в первом полугодии 2020 года // Безопасный Север – чистая Арктика: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Сургут, 2020. С. 54–60. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44851901>. EDN: <https://www.elibrary.ru/gssxyu>.
3. Аралов Е.С. Влияние вредных факторов на организм человека в нефтяной и газовой промышленности // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 4 (17). С. 34–38. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41746118>. EDN: <https://www.elibrary.ru/mibjzo>.
4. Yuan C. Evaluation on consequences prediction of fire accident in emergency processes for oil-gas storage and transportation by scenario deduction // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2021. Vol. 72. P. 104570. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104570>.
5. Затонова Е.Д. Оценка эффективности мероприятий по снижению травматизма на нефтедобывающем предприятии: дис. магистр: 20.04.01: защищена 31.05.19; утв. 31.05.19. Томск, 2019. 130 с. URL: <https://earchive.tpu.ru/handle/11683/53907>.

6. Газя Г.В. Особенности реализации системного подхода к снижению уровня случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний на предприятиях нефтегазового комплекса ХМАО – Югры // Технологии будущего нефтегазодобывающих регионов: сборник статей первой международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, состоявшейся в рамках мероприятий Первого международного молодежного научно-практического форума «Нефтяная столица». Сургут, 2018. С. 54–58. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35206674>. EDN: <https://www.elibrary.ru/xsixat>.
7. Туренко Б.Г., Хамнаев В.А. Методические аспекты сравнения использования эффективных систем транспортировки нефти, газа, нефтегазопродуктов // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9, № 3 (32). С. 389–393. DOI: <http://doi.org/10.26140/anie-2020-0903-0093>. EDN: <https://www.elibrary.ru/hegumg>.
8. Новоселова К.А., Власенко Ю.Г., Счастный В.В., Казыханов А.И. Исследование системы управления риск-состоянием нефтегазовых предприятий // Сборник избранных статей по материалам научных конференции ГНИИ «Нацразвитие». Санкт-Петербург, 2019. С. 310–312. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38181001>. EDN: <https://www.elibrary.ru/vfdwcm>.
9. Жданов М.С. Управление риск-состоянием предприятий нефти и газа // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 6 (23). С. 260–263. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35690319>. EDN: <https://www.elibrary.ru/vaskia>.
10. Biezma M.V. Most fatal oil & gas pipeline accidents through history: A lessons learned approach // Engineering Failure Analysis. 2020. Vol. 110. P. 104446. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104446>.
11. Misuri A. Technological accidents caused by floods: The case of the Saga prefecture oil spill, Japan 2019 // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2021. Vol. 66, issue 4. P. 102634. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102634>.
12. Vatanparast S. Hand and Finger Injury Risks in Oil and Gas Industry // EHS Today. 2016. URL: <https://www.ehstoday.com/ppe/hand-protection/article/21917327/hand-and-finger-injury-risks-in-oil-and-gas-industry>.
13. Alison E. Health and Safety in Oil and Gas Extraction // AGI. 2018. № 22/24. URL: <https://www.americangeosciences.org/geoscience-currents/health-and-safety-oil-and-gas-extraction>.
14. Shahata W. A Tool to Identify the Proactive Corrective Actions after the Accidents in Oil and Gas Industry // International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering (IJPPE). 2018. V. 4. P. 32-44.
15. Испанбетов Т.К. Вопросы методологии оценки производственных рисков на предприятиях нефтегазовой отрасли // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. 2014. Т. 1. С. 60–65. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22976188>. EDN: <https://www.elibrary.ru/tiumlj>.
16. Dang J. The impact of traumatic injury in the oil and gas industry // Trauma. 2018. Vol. 21, issue 1. P. 61–67. DOI: <http://doi.org/10.1177/1460408617744817>.
17. Injuries on offshore oil and gas installations: An analysis of temporal and occupational factors // Research Gate». URL: https://www.researchgate.net/publication/235974692_Injuries_on_offshore_oil_and_gas_installations_An_analysis_of_temporal_and_occupational_factors (дата обращения: 09.01.2022).
18. Середкина А.А. Определение статистической зависимости между магнитными бурями и авариями на объектах нефтегазовой отрасли // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск, 2021. С. 353–362. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46593679>. EDN: <https://www.elibrary.ru/sjbrnv>.
19. Левша М.В. Моделирование и оценка рисков промышленной безопасности предприятий нефтегазовой сферы // Colloquium-journal. 2020. № 8–1 (60). С. 43–45. DOI: <http://doi.org/10.24411/2520-6990-2020-11530>. EDN: <https://www.elibrary.ru/otbfjj>.
20. Мельникова Д.А. Теоретические и практические аспекты построения системы управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах (на примере ООО «Газпром Трансгаз Самара») // Наука и техника. 2021. № 1. С. 83–90.

21. Kemp A.G. Health, safety and environmental (HSE) regulation and outcomes in the offshore oil and gas industry: Performance review of trends in the United Kingdom Continental Shelf // *Safety Science*. 2021. V. 148. P. 105634. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105634>.
22. Мельникова Д.А., Кривова М.А., Яговкин Н.Г. Методика выбора наиболее эффективных мероприятий по устранению профессиональных рисков на рабочих местах опасных производственных объектов // *Проблема сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2014. № 1 (95). С. 119–128. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21597110>; <http://ntj-oil.ru/article/view/2027>. EDN: <https://www.elibrary.ru/sepvwt>.
23. Глебова Е.В. Снижение риска аварийности и травматизма в нефтегазовой промышленности на основе модели профессиональной пригодности операторов: автореф. ... дис. д-ра тех. наук: 05.26.03: защищена 27.02.09; утв. 27.02.09. Уфа, 2009. 46 с. URL: <https://www.disscat.com/content/snizhenie-riska-avariinosti-i-travmatizma-v-neftegazovoi-promyshlennosti-na-osnove-modeli-p-0/read>; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15932412>. EDN: <https://www.elibrary.ru/nkqwot>.

References

1. Yakimova D.V. Analysis of industrial injuries in an oil and gas organization. In: *Technosphere safety: materials of the Seventh National research and technical conference*. Omsk, 2020, pp. 95–98. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44107897>. EDN: <https://www.elibrary.ru/iifscg>. (In Russ.)
2. Gazya G. V. Analysis of industrial injuries in Surgut city organizations for the first half of 2020. In: *Safe North – clean Arctic: materials of the III all-Russian research and practical conference*. Surgut, 2020, pp. 54–60. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44851901>. EDN: <https://www.elibrary.ru/gssxyy>. (In Russ.)
3. Aralov E.S. Influence of harmful factors on the human body in the oil and gas industry. *Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikatsii*, 2019, no. 4 (17), pp. 34–38. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41746118>. EDN: <https://www.elibrary.ru/mibjzo>. (In Russ.)
4. Yuan C. Evaluation on consequences prediction of fire accident in emergency processes for oil-gas storage and transportation by scenario deduction. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2021, vol. 72, p. 104570. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104570>.
5. Antonova E.D. Evaluation of the effectiveness of measures to reduce injuries at an oil-producing enterprise: master's thesis: 20.04.01: defended 31.05.19; approved 31.05.19. Tomsk, 2019, 130 p. Available at: <https://earchive.tpu.ru/handle/11683/53907>. (In Russ.)
6. Gazya G.V. Implementation features of systematic approach to level reduction of occupational traumatism and diseases at oil and gas complex enterprises in the KhMAO – Ugra. In: *Technologies of the future of oil and gas producing regions: collection of articles from the first international research and practical conference of young scientists and specialists, held as a part of the events of the First International youth research and practical forum «Oil capital»*. Surgut, 2018, pp. 54–58. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35206674>. EDN: <https://www.elibrary.ru/xsixat>. (In Russ.)
7. Turenko B.G., Khamnaev V.A. Methodical aspects of comparison of use of effective systems of transportation of oil, gas, oil and gas products. *Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration*, 2020, vol. 9, no. 3 (32), pp. 389–393. DOI: <http://doi.org/10.26140/anie-2020-0903-0093>. EDN: <https://www.elibrary.ru/hegumg>. (In Russ.)
8. Novoselova K.A., Vlasenko Yu.G., Schastnuy V.V., Kazykhanov A.I. Research of risk control system-states of oil and gas enterprises. In: *Collection of selected articles based on the materials of the scientific conference of the State Research Institute «National Development»*. Saint Petersburg, 2019, pp. 310–312. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38181001>. EDN: <https://www.elibrary.ru/vfdwcm>. (In Russ.)
9. Zhdanov M.S. Risk management of oil and gas enterprises. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*, 2018, no. 6 (23), pp. 260–263. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35690319>. EDN: <https://www.elibrary.ru/vaskia>. (In Russ.)
10. Biezma M.V. Most fatal oil & gas pipeline accidents through history: A lessons learned approach. *Engineering Failure Analysis*, 2020, vol. 110, p. 104446. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104446>.

11. Misuri A. Technological accidents caused by floods: The case of the Saga prefecture oil spill, Japan 2019. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2021, vol. 66, p. 102634. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102634>.
12. Vatanparast S. Hand and Finger Injury Risks in Oil and Gas Industry. Retrieved from *EHS Today*, 2016. Available at: <https://www.ehstoday.com/ppe/hand-protection/article/21917327/hand-and-finger-injury-risks-in-oil-and-gas-industry>.
13. Alison E. Health and Safety in Oil and Gas Extraction. Retrieved from *AGI, 2018, Part 22/24*. Available at: <https://www.americangeosciences.org/geoscience-currents/health-and-safety-oil-and-gas-extraction>.
14. Shahata W. A Tool to Identify the Proactive Corrective Actions after the Accidents in Oil and Gas Industry. *International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering (IJPPE)*, 2018, vol. 4, issue 1, pp. 32–44. DOI: <http://dx.doi.org/10.20431/2454-7980.0401005>.
15. Ispanbetov T.K. Issues of methodology of assessment of production risks at the enterprises of oil and gas industry. *Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniya na predpriyatiyakh mashinostroeniya, neftyanoi i gazovoi promyshlennosti v usloviyakh innovatsionno-orientirovannoi ekonomiki*, 2014, vol. 1, pp. 60–65. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22976188>. EDN: <https://www.elibrary.ru/tiumlj>. (In Russ.)
16. Dang J. The impact of traumatic injury in the oil and gas industry. *Trauma*, 2018, vol. 21, issue 1, pp. 61–67. DOI: <http://doi.org/10.1177/1460408617744817>.
17. Injuries on offshore oil and gas installations: An analysis of temporal and occupational factors. Retrieved from *Research Gate*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/235974692_Injuries_on_offshore_oil_and_gas_installations_An_analysis_of_temporal_and_occupational_factors.
18. Seredkina A.A. Determination of statistical dependence between magnetic storms and accidents at oil and gas industry facilities. In: *Topical issues of fire safety and protection from emergencies: collection of materials of the all-Russian research and practical conference*. Zheleznogorsk, 2021, pp. 353–362. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46593679>. EDN: <https://www.elibrary.ru/sjbrnv>. (In Russ.)
19. Levsha M.V. Modeling and assessment of risks of industrial safety of oil and gas enterprises. *Colloquium-journal*, 2020, no. 8-1 (60), pp. 43–45. DOI: <http://doi.org/10.24411/2520-6990-2020-11530>. EDN: <https://www.elibrary.ru/otbfjj>. (In Russ.)
20. Melnikova D.A. Theoretical and practical aspects of building an industrial safety management system at hazardous production facilities (on the example of Gazprom Transgaz Samara LLC). *Nauka i tekhnika*, 2021, no. 1, pp. 83–90. (In Russ.)
21. Kemp A.G. Health, safety and environmental (HSE) regulation and outcomes in the offshore oil and gas industry: Performance review of trends in the United Kingdom Continental Shelf. *Safety Science*, 2021, vol. 148, p. 105634. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105634>.
22. Melnikova D.A., Krivova M.A., Yagovkin N.G. Method of selecting the most effective measures to eliminate occupational risks at workplaces of hazardous production facilities. *Problems of gathering, treatment and transportation of oil and oil products*, 2014, no. 1 (95), pp. 119–128. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21597110>; <http://ntj-oil.ru/article/view/2027>. EDN: <https://www.elibrary.ru/sepvwt>. (In Russ.)
23. Glebova E.V. Reducing the risk of accidents and injuries in the oil and gas industry based on the model of professional suitability of operators: author's abstract of Doctoral of Technical Sciences thesis: 05.26.03: defended 27.02.09: approved 27.02.09. Ufa, 2009, 46 p. Available at: <https://www.dissercat.com/content/snizhenie-riska-avariinosti-i-travmatizma-v-neftegazovoi-promyshlennosti-na-osnove-modeli-p-0/read>; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15932412>. EDN: <https://www.elibrary.ru/nkqwot>. (In Russ.)